

CONTROL DE LA CLOROSIS FERRICA EN TOMATE
POR FULVATO DE HIERRO

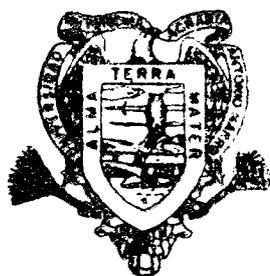
APOLONIO CUEVAS PEREZ

TESIS

PRESENTADA COMO REQUISITO PARCIAL
PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN CIENCIAS
EN HORTICULTURA



BIBLIOTECA
EGIDIO G. REBONAT
BANCO DE TESIS
U.A.A.A.M.



Universidad Autónoma Agraria

"Antonio Narro"

PROGRAMA DE GRADUADOS

Buenvista, Saltillo, Coah.

FEBRERO DE 2001

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO
SUBDIRECCIÓN DE POSTGRADO
CONTROL DE LA CLOROSIS FERRICA EN TOMATE POR FULVATO DE
HIERRO

TESIS POR:

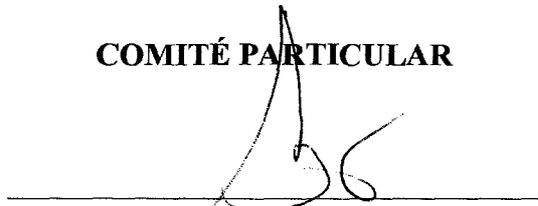
APOLONIO CUEVAS PEREZ

Elaborada bajo la supervisión del comité particular de asesoría y aprobada como
requisito parcial para optar al grado

MAESTRO EN CIENCIAS
EN HORTICULTURA

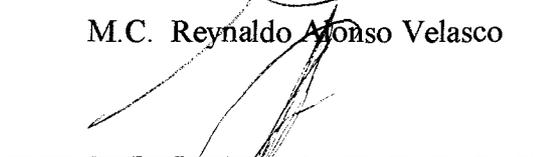
COMITÉ PARTICULAR

Asesor principal:



M.C. Reynaldo Alonso Velasco

Asesor:



Dr. Alfonso Reyes López

Asesor:



M.C. Leobardo Bañuelos Herrera

Asesor:



M.C. Rubén López Cervantes



Dr. Ramiro López Trujillo

Subdirector de Postgrado

Buenavista, Saltillo, Coahuila, Febrero de 2001.

12946

COMPENDIO

CONTROL DE LA CLOROSIS FERRICA EN TOMATE POR
FULVATO DE HIERRO

POR

APOLONIO CUEVAS PÉREZ

MAESTRIA

HORTICULTURA

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

Buenvista, Saltillo, Coahuila, Diciembre de 2000.

M.C. Reynaldo Alonso Velasco –Asesor-

Palabras Clave: Lycopersicon esculentun, Hierro, Fulvato, Quelatos, Clorosis.

Un problema característico en la producción de cultivos en suelos calcáreos, es la condición denominada clorosis férrica, que es consecuencia de la carencia de hierro (Fe) disponible en el suelo, el cual es requerido por las plantas en pequeñas concentraciones y puede suministrarse en forma de sales ferrosas o quelatos metálicos. La

primera forma presenta problemas de solubilidad y movilidad, condiciones que son superadas por los quelatos, pero éstos tienen la desventaja de ser costosos y difíciles de conseguir, por lo que provoca el uso de otro tipo de productos que no proporcionan los efectos esperados. Con el propósito de generar un fertilizante a base de hierro que sea fácil de conseguir, económico y efectivo en el control de la clorosis férrica como los quelatos, se efectuó un experimento con tomate en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, bajo invernadero, para estudiar la respuesta del cultivo a la aplicación de fulvato de Fe y quelatos de Fe comerciales.

La combinación de 0.15 g de ácido húmico + 3.5 cc L⁻¹ de fulvato de Fe aplicado al suelo y la dosis de 5 cc L⁻¹ de fulvato de Fe aplicado vía foliar, incrementaron significativamente la producción de frutos de exportación superando a los quelatos de Fe comerciales y al testigo.

ABSTRACT

CONTROL OF THE FERRIC CHLOROSIS IN TOMATO BY IRON FULVATO

By

APOLONIO CUEVAS PÉREZ

MASTER OF SCIENCE

HORTICULTURE

UNIVERSIDAD AUTONOMA AGRARIA ANTONIO NARRO

Buenavista, Saltillo, Coahuila, February 2001.

M.C. Reynaldo Alonso Velasco -Adviser-

Key words: *Lycopersicon esculentum*, iron, Fulvate, chelates chlorosis.

A characteristic problem in the production in calcareous soils, is the designated condition ferric chlorosis, which it is a consequence of the iron lack (Fe) available in the soil. The iron is required by the plants in small concentrations and it can be supplied in the form of you leave ferrouse or metallic chelates, but under the first form presents solubility and mobility problems,

conditions that they are surpassed by the chelates, but these have the disadvantage of be costly and difficult to obtaining, therefore showed the use of other type of products that they do not provide the waited effects. In order to generate a fertilizer to iron base that it will be easy to obtaining, economic and effective in the control of the ferric chlorosis as the chelatos, was carried a experiment in tomato in the Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro, under greenhouse, to study response of the cultivation to the application of ferric fulvate and chelates ferric chelates.

The combination of 0.15 g of humic acid + 3.5 cc L⁻¹ of ferric fulvate applied to the soil and the 5 cc L⁻¹ dose of ferric fulvate increased the production of export fruits, surpassing to the commercial ferric chelates and to the witness.

INDICE GENERAL

INDICE DE CUADROS.....	viii
INDICE DE FIGURAS.....	ix
INTRODUCCIÓN.....	1
Objetivos.....	4
Hipótesis.....	4
REVISION DE LITERATURA.....	5
Función del hierro en la planta.....	5
El hierro en suelos calcáreos.....	6
Adquisición de hierro por las plantas.....	8
Quelatos de hierro.....	8
Sustancias húmicas.....	10
Concentración de hierro en tomate.....	12
ARTICULO: CONTROL DE LA CLOROSIS FERRICA EN TOMATE POR FULVATO DE HIERRO.....	13
Resumen.....	13
Summary.....	14
Introducción.....	15
Materiales y métodos.....	18
Resultados y discusión.....	20
Conclusiones.....	26
Literatura citada.....	26
CONCLUSIONES.....	29
LITERATURA CITADA.....	30
APENDICE.....	33

INDICE DE CUADROS

Cuadro N°	Pág.
1 Relación de tratamientos en estudio con Fulvato de hierro, ácido húmico y quelatos en el cultivo de tomate.....	21
2 Medias obtenidas de los tratamientos en g planta ⁻¹ y contenido de hierro (ppm) en suelo calcáreo y arena sílica.....	24

INDICE DE FIGURAS

Figura N°		Pá
1	Distribución del contenido de Fe en hojas y rendimiento de tomate producido en suelo calcáreo.....	25
2	Distribución del contenido de Fe en hojas y rendimiento de tomate producido en arena sílica.....	25

INTRODUCCION

El tomate (*Lycopersicon esculentum* Mill) es una hortaliza de gran importancia en México, ya que genera una elevada derrama económica, proporciona mano de obra a una gran cantidad de trabajadores estacionales del campo, es parte de la dieta alimenticia del mexicano. El tomate después de la papa es la hortaliza más extensamente cultivada en el mundo, comercialmente se producen 45 millones de toneladas métricas por año en 2.2 millones de hectáreas. El tomate, se ubica entre las primeras cuatro hortalizas más importantes, cultivándose alrededor de 70,000 hectáreas por año, principalmente en los estados de Sinaloa, Morelos, San Luis Potosí, Baja California Norte y Michoacán.

En 1997 la producción nacional alcanzó la cifra de 1'875,697 toneladas, producidas en 69,554 ha (Claridades Agropecuarias, 1998) y para 1998 se plantó una superficie de 74,228 ha, con una producción promedio de 26.96 t ha⁻¹. En 1998 en México, el consumo per cápita en tomate fresco fue de 8.6 kg/año y envasado de 33.2 Kg/año (Hort Markets, 2000).

Un factor importante para la obtención de una buena producción, depende entre otras cosas, del manejo nutricional que se realice en el cultivo, algunos agricultores antes de iniciar la siembra realizan análisis de suelo para determinar las necesidades de fertilización, los cuales le dan mayor importancia a los requerimientos de nitrógeno, fósforo, potasio, calcio y magnesio y muy poco o nada a los elementos menores, como es el hierro (Fe); el cual a pesar de encontrarse en grandes cantidades en el suelo es común encontrar deficiencias en el cultivo, esto se debe a que dicho elemento se encuentra mayormente en forma férrica, el cual es poco asimilable por la planta, siendo en forma ferrosa cuando esta lo absorbe mejor. Entre los factores que intervienen para que se presente dicha deficiencia se encuentran: Suelos con altos contenidos de carbonatos de calcio, de bicarbonatos en el suelo y/o agua, pH alto, poca aireación, exceso de humedad, alto contenido de materia orgánica, entre otros.

El Fe en la planta es importante para la formación de clorofila y proteína, en la fotosíntesis, la respiración, fijación de nitrógeno, entre otras. Actualmente los agricultores como medida para corregir esta deficiencia hacen uso de agentes quelatantes que existen en el mercado (Americanos, Italianos, Españoles), solo que estos tienen

la desventaja de ser costosos y difíciles de conseguir, lo cual provoca que se apliquen productos de mala calidad en sustitución de los quelatos, los cuales no proporcionan los efectos esperados en las plantas.

Dentro de los modos de producción en los últimos años, el uso de sustancias húmicas (ácidos húmicos y fúlvicos) va en aumento, a los cuales se les atribuye múltiples beneficios, entre los que destacan, mejorar algunas propiedades físicas y químicas del suelo, su intervención en el metabolismo y nutrición mineral de las plantas, así como la habilidad de quelatar y/o complejar con iones, principalmente metálicos, lo cual resulta en gran parte debido a los grupos funcionales que contienen oxígeno, como son COOH, OH fenólicos y C=O.

Por lo anterior, los objetivos del presente trabajo son:

OBJETIVOS

a) Determinar el efecto de un fulvato de hierro en la producción de tomate, en comparación con quelatos de hierro comerciales.

b) Establecer el efecto del Fulvato de hierro, en el control de la clorosis férrica.

HIPÓTESIS

El fulvato de hierro proporciona efectos similares a los quelatos comerciales para el control de la clorosis férrica.

REVISION DE LITERATURA

Función del Hierro en la Planta

El Fe en la planta es importante para la formación de clorofila y proteína, en la fotosíntesis, la respiración, fijación de nitrógeno, entre otros. Los metales como el Fe, Cu y Mn se pueden encontrar en distintos estados de valencia y en combinación con enzimas proteicas pueden servir como transmisores de electrones en una cadena de procesos metabólicos gracias a la cual se oxidan los substratos orgánicos (André, 1988).

El Fe es un componente de la proteína ferredoxina y se requiere para la reducción de sulfatos, nitratos, asimilación de Nitrógeno y producción de energía (NADP) y funciona como catalizador de un sistema enzimático con la formación de clorofila (Jones *et al.*, 1991).

El Fe en Suelos Calcáreos

Los suelos calcáreos son comunes en la región norte de México, cubren aproximadamente un tercio de la superficie terrestre y se presentan predominantemente en regiones que reciben menos de 500 mm de precipitación anual. Se caracterizan por presentar un pH alto (de 7 a 9) y un contenido significativo de carbonatos libres (Brown and Jolley, 1989).

En los suelos calcáreos, el Fe es transformado en hidróxido férrico el cual precipita volviéndose insoluble, y se produce una severa clorosis, llamada "clorosis caliza" (Rodríguez, 1982).

Un problema característico asociado a la producción de cultivos en suelos calcáreos es la condición llamada clorosis férrica, consecuencia de la carencia de Fe disponible en el suelo y cuyo síntoma es el amarillamiento o clorosis intervenal la cual se corrige con la aplicación de Fe (Emery, 1982).

Las deficiencias de hierro son las más difíciles de corregir pues es el ion que se inactiva más en el suelo (Yúfera y Carrasco, 1973).

La forma de corregir la carencia de hierro es, con aplicaciones al suelo o vía foliar de quelatos de Fe (EDTA, DTPA, HEDTA o EDDHA), sales de Fe (Zuang, 1982), pero esta forma es de baja solubilidad y movilidad (Norvell, 1983) y ácido fosfórico, sulfúrico, nítrico o bien hidróxido de potasio en el agua de riego para suelos ácidos (Zuang, 1982).

En tomate bajo hidroponía, Mexicano (1998), al aplicar 350 y 600 ppm de nitrógeno con relaciones de NO_3 : NH_4 (75:25) y 3 ppm de Fe_2SO_4 y 5 y 7.5 ppm de FeEDDHMA encontró mayor rendimiento, calidad de fruto y contenido de clorofila.

En suelos calcáreos Tovar y colaboradores (1991), aplicaron a maíz 100 Kg/ha de hierro, 600 Kg/ha de azufre y 2.5 Kg/ha de molibdeno, con el fin de corregir clorosis férrica, concluyeron que del 80 al 90 por ciento de la clorosis fue controlada por los tratamientos. Además las plantas presentaron mayor contenido de hierro cuando no se aplicó molibdeno y que la clorosis esta presente aún cuando las cantidades de nitrógeno y fósforo recomendadas son aplicadas.

Adquisición de Fe por las Plantas

Las plantas tienen dos diferentes vías o estrategias por medio de las cuales son capaces de aumentar la disponibilidad de Fe^{3+} en la solución del suelo.

Estrategia 1. Las monocotiledóneas no gramíneas y las dicotiledóneas disponen de varias formas de extraer el Fe^{3+} del suelo. Ya que 1) disminuyen el pH de la rizosfera al bombear protones al suelo. 2) secretan fenoles y ácidos orgánicos que funcionan como agentes quelantes del Fe. y 3) las plantas con estrategia 1 son capaces de realizar la reducción de Fe^{3+} a Fe^{2+} por medio de una reductasa de Fe, asociada a la membrana plasmática. Dicha reductasa es inducible por la baja concentración de Fe.

Estrategia II. Las gramíneas excretan fitosideróforos, aminoácidos no proteínicos, que solubilizan los iones Fe^{3+} formando un complejo Fe^{3+} -fitosideróforo. La liberación de fitosideróforos se correlaciona positivamente con la resistencia a la clorosis férrica. Los fitosideróforos también acarrear otros cationes como el Zn^{2+} , Mn^{2+} y Cu^{2+} (Marschner y Romheld, 1994)

Quelatos de Fe

Un quelato (del griego *quela* = pinza de cangrejo) es un compuesto químico en el que una molécula orgánica rodea y

se enlaza por varios puntos a un ion metálico, de manera que le protege de cualquier acción desde el exterior, al evitar su hidrólisis y precipitación. Los quelatos, por lo tanto son moléculas muy estables.

En la actualidad, se reconocen únicamente seis agentes quelatantes que pueden ser utilizados en la agricultura:

EDTA: Acido Etilén-Diamino-Tetraacético

DTPA: Acido Dietilen-Triamino-Pentaacético

HEDTA o HEEDTA: Acido Hidroxi-Etilén-Diamino-Triacético

EDDHA: Acido Etilén-Diamino Di-orto-Hidroxi-fenil-acético

EDDHMA: Acido Etilén-Diamino Di-órto-Hidroxi-pára-Metil-fenil-acético

EDDHCA: Acido Etilen-Diamino Di-orto-Hidroxi-para-Carboxi-fenil-acético.

Los quelatos tipo Fe-EDTA sufren descomposición al reaccionar con los sustratos según su reactividad química, ya que dependen del pH, presencia de calcio en los materiales y otros metales competidores. El contenido en caliza es, por ejemplo, determinante de su estabilidad. En términos generales no podrá ser utilizado en materiales con pH superior a 6.5.

El Fe-DTPA y Fe-HEDTA tienen un comportamiento parecido al Fe-EDTA. Aunque el Fe-DTPA soporta pH mas elevados (hasta 7-7,5), sin embargo, es un producto que

sufre descomposición química espontánea en el suelo, por lo que su uso implica pérdidas de acción en el tiempo. Fe-HEDTA sólo podría ser utilizado a pH inferiores a 6 (Cadahia *et al.*, 1997).

Sustancia Húmicas

Las sustancias húmicas provienen de la degradación química y biológica de residuos de plantas y animales y de actividades sintetizadores de microorganismos (Kononova, 1981). Los productos formados tienden a asociarse en estructuras químicas complejas más estables que los materiales de donde provienen (Kingman, 1973).

La mezcla de compuestos orgánicos que se extrae del suelo mediante métodos establecidos o, por extensión de materiales orgánicos mas o menos humificados, puede denominarse "sustancias húmicas solubles". Estos materiales solubles constituyen una fracción importante del humus, y están formados por ácidos fúlvicos (AF) y ácidos húmicos (AH) y algunos otros componentes, no propiamente húmicos como polisacáridos y péptidos. Los AH son solubles en una disolución alcalina pero precipitados cuando el pH es ajustado a 2; los AF permanecen en disolución cuando el extracto alcalino es acidificado, y las huminas son la fracción húmica

que no se solubiliza por disoluciones ácidas ni básica (www.ar.woc.pl/webwwe/humic).

La adición de sustancias húmicas a la solución del suelo facilita la absorción de Fe y se considera de óptima eficiencia si éstos son aportados en forma de humatos de Fe (Sequi, 1978).

Las sustancias húmicas hacen al Fe fácilmente disponible para las plantas cloróticas, comparada con otras soluciones nutritivas como el Fe-EDTA, cloruro férrico y fosfatos (De Kock, 1955).

Las sustancias húmicas presentan gran capacidad de intercambio cationico debido a la alta presencia de grupos cargados negativamente (carboxilos y fenolicos), los cuales son capaces de quelatar metales. Ofrece buenos resultados las extraídas de la materia orgánica disuelta en ríos, proporcionando mejora del desarrollo y corrección de la clorosis en cultivos de cítricos, hortalizas y ornamentales, además proporciona un gran aporte de Fe disponible para la planta el cual está principalmente quelatado por los ácidos fúlvicos (Cadahia et al., 1997).

Las sustancias húmicas y fúlvicas estimulan el crecimiento del tallo en varias plantas (Reyes, 1997) cuando se aplica con soluciones nutritivas a diversas concentraciones, provoca elongación de tallos y raíces e incrementa la absorción de Fe (Reyes, 1993).

Concentración de Hierro en Tomate

La concentración de Fe acumulado en las hojas es suficiente cuando es mayor de 100 ppm durante la etapa de mayor demanda la formación del fruto (Wilcox, 1993).

El valor óptimo de la concentración de Fe en tomate, es de 140 ppm en la etapa de formación de fruto (Burgueño, 1994).

El Fe total en materia seca no se relaciona con suficiencia ya que la mayoría se encuentra en la planta en forma férrica (Fe^{3+}) como fosfoproteína férrica y el ion ferroso (Fe^{2+}) es la forma metabólicamente activa (Jones et al., 1991).

A concentraciones de 1 g de sequestrene 330 + 1 cc de Bionex/2 L de agua se logra obtener un mejor crecimiento y desarrollo y por consiguiente un mayor rendimiento (Ordoñez, 1994).

CONTROL DE LA CLOROSIS FERRICA EN TOMATE POR FULVATO DE**HIERRO****CONTROL OF THE FERRIC CHLOROSIS IN TOMATO BY IRON FULVATO**

Cuevas Pérez Apolonio¹, Alonso Velasco Reynaldo¹, Reyes López Alfonso¹

,López Cervantes Ruben¹, Bañuelos Herrera Leobardo¹

RESUMEN

Un problema característico en la producción de cultivos en suelos calcáreos, es la condición denominada clorosis férrica, que es consecuencia de la carencia de hierro (Fe) disponible en el suelo, el cual es requerido por las plantas en pequeñas concentraciones y puede suministrarse en forma de sales ferrosas o quelatos metálicos. La primera forma presenta problemas de solubilidad y movilidad, condiciones que son superadas por los quelatos, pero éstos tienen la desventaja de ser costosos y difíciles de conseguir, por lo que provoca el uso de otro tipo de productos que no proporcionan los efectos esperados. Con el propósito de generar un fertilizante a base de hierro que sea fácil de conseguir, económico y efectivo en el control

¹ Dpto. de Horticultura. Universidad Autónoma Agraria "Antonio Narro". Buenavista, Saltillo, Coah. 25315. Tel. (8) 417 30 22 ext. 395

de la clorosis férrica como los quelatos, se efectuó un experimento con tomate en la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, bajo invernadero, para estudiar la respuesta del cultivo a la aplicación de fulvato de Fe y quelatos de Fe comerciales.

La combinación de 0.15 g de ácido húmico + 3.5 cc L⁻¹ de fulvato de Fe aplicado al suelo y la dosis de 5 cc L⁻¹ de fulvato de Fe aplicado vía foliar, incrementaron significativamente la producción de frutos de exportación superando a los quelatos de Fe comerciales y al testigo.

SUMMARY

A characteristic problem in the production in calcareous soils, is the designated condition ferric chlorosis, which it is a consequence of the iron lack (Fe) available in the soil. The iron is required by the plants in small concentrations and it can be supplied in the form of you leave ferrouse or metallic chelates, but under the first form presents solubility and mobility problems, conditions that they are surpassed by the chelates, but these have the disadvantage of be costly and difficult to obtaining, therefore showed the use of other type of

products that they do not provide the waited effects. In order to generate a fertilizer to iron base that it will be easy to obtaining, economic and effective in the control of the ferric chlorosis as the chelatos, was carried a experiment in tomato in the Universidad Autonoma Agraria Antonio Narro, under greenhouse, to study response of the cultivation to the application of ferric fulvate and chelates ferric chelates.

The combination of 0.15 g of humic acid + 3.5 cc L⁻¹ of ferric fulvate applied to the soil and the 5 cc L⁻¹ dose of ferric fulvate increased the production of export fruits, surpassing to the commercial ferric chelates and to the witness.

INTRODUCCIÓN

El tomate, en México, representa la principal hortaliza de cultivo, tanto por la superficie plantada como por su volumen en el mercado nacional y la que más divisas genera vía exportación. Se cultiva principalmente en los estados de Sinaloa, Morelos, San Luis Potosí, Baja California Norte y Michoacán. En 1997 la producción nacional alcanzó la cifra de 1,875,697 toneladas, producidas en 69,554 ha (Claridades Agropecuarias, 1998).

Un factor para obtener una buena producción depende en gran medida del manejo nutricional, los agricultores se basan principalmente en los requerimientos de elementos mayores (nitrógeno, fósforo, potasio calcio y magnesio) y poco o nada de elementos menores, como es el hierro (Fe).

El Fe a pesar de ser el cuarto elemento más abundante en la corteza terrestre es deficiente prácticamente en todas las especies de seres vivos.

Un problema característico asociado a la producción de cultivos en suelos calcáreos es la condición llamada clorosis férrica, consecuencia de la carencia de Fe disponible en el suelo y cuyo síntoma típico es el amarillamiento o clorosis intervenal la cual se corrige con la aplicación de Fe (Emery, 1982).

Los suelos calcáreos son comunes en la región norte de México, cubren aproximadamente un tercio de la superficie terrestre y se encuentran en regiones que reciben menos de 500 mm de precipitación anual; presentan un pH alto (de 7 a 9) y un contenido significativo de carbonatos libres (Brown y Jolley, 1989) los cuales provocan adsorción de Fe.

El Fe, en este tipo de suelos, es transformado en hidróxido férrico el cual precipita volviéndose insoluble, se produce una severa clorosis, llamada "clorosis caliza" (Rodríguez, 1982). Es la deficiencia más difícil de

corregir, pues es el ion más inactivo en el suelo (Yúfera y Carrasco, 1973).

El Fe en la planta es importante para la formación de clorofila y proteína, en la fotosíntesis, la respiración, fijación de nitrógeno, entre otros (André, 1988). La forma de corregir esta carencia es con aplicaciones al suelo o vía foliar de quelatos de Fe (EDTA, DTPA, HEDTA ó EDDHA), sales de Fe (sulfato de Fe) y ácido fosfórico, sulfúrico, nítrico o bien, hidróxido de potasio en el agua de riego para suelos ácidos (Zuang, 1982).

Sales ferrosas o quelatos metálicos, pueden suministrarse a las plantas para corregir la clorosis, pero la primera forma presenta problemas de solubilidad y movilidad, condiciones que son superadas a base de formulaciones quelatadas (Norvell, 1983). Estas tienen la desventaja de ser costosas y difíciles de conseguir, lo que provoca la utilización de otro tipo de productos que no proporcionan los efectos esperados.

En los últimos años, múltiples beneficios se les han atribuido a los ácidos húmicos y fúlvicos, entre los que destacan: mejorar algunas propiedades físicas y químicas del suelo, intervienen en el metabolismo y nutrición mineral de las plantas, así como su habilidad de quelatar

iones, debido a los grupos funcionales que contienen oxígeno, como son COOH, OH fenólicos y C=O.

Por lo anterior, el objetivo del trabajo es: determinar el efecto de un Fulvato de Fe en la corrección de la clorosis férrica, que sea más económico que los quelatos comerciales.

MATERIALES Y MÉTODOS

El trabajo se realizó en invernadero de la Universidad Autónoma Agraria Antonio Narro, ubicada a los 25° 23' latitud norte y 101° 00' longitud oeste del meridiano de Greenwich, a una altitud de 1743 msnm (García, 1973).

El genotipo utilizado fue el híbrido Hayslip de hábito indeterminado, las sustancias utilizadas: Fulvato de Fe (experimental), ácido húmico (comercial), Sequestrene₁₃₈ (Acido Etilen-Diamino Di-orto-Hidroxi-fenil-acético) y Sequestrene₃₃₀ (Acido Dietilen-Triamino-Penta-acético). Las plántulas producidas en charolas germinadoras de 200 unidades y Peat Moss como sustrato, trasplantadas con cuatro hojas verdaderas en cubetas de plástico de 20 litros, en dos tipos de sustratos: suelo calcáreo con un contenido de M.O de 4.15%, pH (relación 2:1, volumen / peso) de 8.1 y carbonatos totales (volumetría) de 59.22% y

arena sílica (SiO_2). La fertilización fue a través de la solución nutritiva Hoagland's sin hierro; variando sólo los productos a evaluar (Cuadro 1). Las aplicaciones fueron vía suelo y foliar cada ocho días para suelo calcáreo y dos veces por semana para arena sílica.

Cada tratamiento estuvo conformado de 10 plantas, evaluándose solo las seis plantas centrales, bajo un Diseño Completamente al Azar (Infante y Zárate, 1990), y la comparación de medias con la prueba de Tukey.

Las variables evaluadas fueron: producción de fruto comercial de exportación (fruto de coloración uniforme, con buen cierre, sin daños de plagas y enfermedades y tamaños 6*7, 6*6, 5*6, 5*5, 4*5 y 4*4 frutos por caja), mercado nacional (frutos de coloración no uniforme, con mal cierre, daños leves de plagas y enfermedades y tamaños similares de la clasificación anterior), rezaga (todo fruto que no cumplió con las características anteriores) y concentración de hierro total foliar (en la etapa de cosecha), cuya muestra se obtuvo de hojas en edad intermedia (3ª ó 4ª a partir del meristemo apical). Las muestras fueron preparadas por digestión ácida y su lectura se realizó en un espectrofotómetro de absorción atómica Modelo 2380 Perkin Elmer.

Cuadro 1. Relación de tratamientos en estudio con Fulvato de Fe, ácido húmico y quelatos en el cultivo de tomate.

Número	Tratamiento (Dosis L ⁻¹)*	Vía de aplicación
1	2 cc de FFe	Suelo
2	3.5 cc de FFe	Suelo
3	5 cc de FFe	Suelo
4	0.15 g de AH + 2 cc de FFe	Suelo
5	0.15 g de AH + 3.5 cc de FFe	Suelo
6	0.15 g de AH + 5 cc de FFe	Suelo
7	1 g de Sequestrene ₁₃₈	Suelo
8	0.6 g de Sequestrene ₃₃₀	Suelo
9	2 cc de FFe	Foliar
10	3.5 cc de FFe	Foliar
11	5 cc de FFe	Foliar
12	0.15 g de AH + 2 cc de FFe	Foliar
13	0.15 g de AH + 3.5 cc de FFe	Foliar
14	0.15 g de AH + 5 cc de FFe	Foliar
15	1 g de Sequestrene ₁₃₈	Foliar
16	0.6 g de Sequestrene ₃₃₀	Foliar
17	Testigo	

* Aplicados tanto para suelo calcáreo como arena sílica.

FFe: Fulvato de hierro

AH: Ácido húmico

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Rendimiento de fruto

El análisis de varianza mostró diferencias altamente significativas ($p \leq 0.01$) entre tratamientos para todas las variables en los dos tipos de sustratos. La mejor respuesta para fruto de exportación lo presentó el tratamiento 5 (0.15 g de ácido Húmico + 3.5 cc L⁻¹ de fulvato de Fe

aplicado vía suelo), el cual mostró un comportamiento similar en suelo calcáreo y arena, con un incremento del 50% y 81% con respecto a los quelatos de Fe (Sequestrene₁₃₈ y Sequestrene₃₃₀) respectivamente aplicado mediante esta misma vía y de casi 250% y 185% (Figuras 1, 2 y Cuadro 2), con respecto al testigo, seguido por el tratamiento 11 (5 cc L⁻¹ de fulvato de Fe aplicado vía foliar) con un incremento del 71% y 68% respecto a los quelatos y de casi 200% y 130%, con respecto al testigo.

Las dosis de 0.15 g de ácido húmico + 3.5 cc L⁻¹ de fulvato de Fe aplicado vía suelo y 5 cc L⁻¹ de fulvato de Fe vía foliar, superó significativamente a los quelatos de Fe coincidiendo con lo reportado por De Kock (1955), quien demostró que las sustancias húmicas hacen al Fe fácilmente disponible para las plantas cloróticas, comparada con otras soluciones nutritivas (Fe-EDTA, Cloruro férrico y fosfatos), así como lo mencionado por Sequi (1978), quien asegura que la adición de sustancias húmicas a la solución del suelo facilita la absorción de Fe y considera de óptima eficiencia si éstos son aportados en forma de humatos de Fe. En el mismo sentido Cadahia *et al.* (1998), reporta que las sustancias húmicas presentan gran capacidad de intercambio catiónico debido a la alta presencia de grupos cargados negativamente (carboxilos y fenólicos), los cuales

son capaces de quelatar metales, dando buenos resultados las extraídas de la materia orgánica disuelta en ríos. Las sustancias húmicas proporcionan mejoras en el desarrollo y corrección de la clorosis en cultivos de cítricos, hortalizas y ornamentales; además, proporcionan un gran aporte de Fe disponible para la planta, el cual está quelatado por los ácidos fúlvicos.

Para fruto de mercado nacional, la producción más alta se presentó en los testigos con 2029.2 g planta⁻¹ en suelo calcáreo y 1486.7 g planta⁻¹ para arena sílica. Un comportamiento similar ocurrió con la variable fruto de rezaga, donde los testigos alcanzaron rendimientos de 662.5 y 330.0 g planta⁻¹, para suelo calcáreo y arena sílica, respectivamente (Figuras 1, 2 y Cuadro 2).

En todos los tratamientos, la clorosis férrica fue controlada con la aplicación de los tratamientos, excepto los testigos, quienes la presentaron prácticamente durante todo el ciclo del cultivo, provocando que disminuyera notoriamente la producción de frutos de buena calidad. Lo anterior coincide con Childers (1974), quien reporta que la producción de fruta es reducida por causa de la deficiencia Fe, ya sea esta moderada o severa, lo cual se agrava más en suelos con pH cercanos a 7.0 o mayores; así mismo, por lo

Cuadro 2. Medias obtenidas de los tratamientos en g planta⁻¹ y contenido de hierro (ppm) en suelo calcáreo y arena sílica.

Trat.	Suelo calcáreo				Arena sílica			
	Exportación **	Nacional **	Rezaga **	Contenido De Fe	Exportación **	Nacional **	Rezaga **	Contenido De Fe
1	1203.3abt	873.3ab	534.2ab	228.4	1890.0ab	260.0cde	45.0b	278.1
2	1004.2ab	756.7b	490.8abc	470.2	1955.0ab	576.7bc	6.7b	272.7
3	769.2ab	991.7 ^a b	410.0abc	183.2	1890.0ab	253.3cde	18.3b	327.7
4	1542.5ab	1195.0ab	375.8abc	245.5	1718.3ab	838.3b	51.7b	260.6
5	2540.0a	653.3b	140.8bc	167.7	2525.0a	450.0bcd	48.3b	242.2
6	1780.0ab	851.7b	219.2abc	205.9	1326.7ab	393.3cde	66.7ab	222.0
7	1689.2ab	564.2b	308.3abc	243.5	1393.3ab	165.0de	10.0b	292.1
8	1483.3ab	828.3b	355.0abc	298.3	1503.3ab	213.3cde	46.7b	184.4
9	1393.3ab	755.0b	266.7abc	699.6	1265.0ab	228.3cde	0.0b	865.3
10	1597.5ab	468.3b	233.3abc	414.1	1398.3ab	210.0cde	73.3b	974.8
11	2175.8ab	656.7b	106.7c	464.2	2028.3ab	401.7cd	26.7b	685.1
12	1236.7ab	865.3 ^a b	201.7abc	1010.5	1406.7ab	273.3cde	16.7b	946.3
13	1548.3ab	783.3b	140.8bc	536.4	1386.7ab	93.3e	36.7b	1150.1
14	983.3ab	938.3ab	234.2abc	1695.3	1521.7ab	911.7ab	0.0b	1084.8
15	1913.3ab	655.0b	207.5abc	370.5	1113.3ab	231.7cde	143.3ab	589.5
16	1579.2ab	460.0b	207.5abc	591.2	1023.3ab	150.0de	53.3b	614.1
17	733.3b	2029.2a	662.5a	102.9	885.0 b	1486.7a	330.0a	117.6

** : p≤0.01

† Letras distintas son diferentes estadísticamente según Tukey (p≤0.01)

expresado por Brown y Kratky (1983) quienes reportan que la deficiencia de algún micro elemento puede causar reducción grave del rendimiento y en condiciones extremas el fracaso total del cultivo.

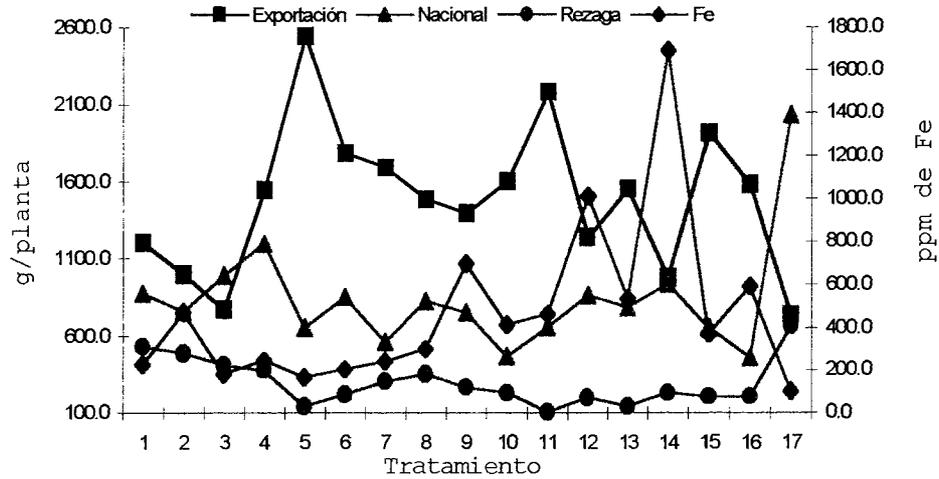


Figura 1. Distribución del contenido de Fe en hojas y rendimiento de tomate producido en suelo calcáreo

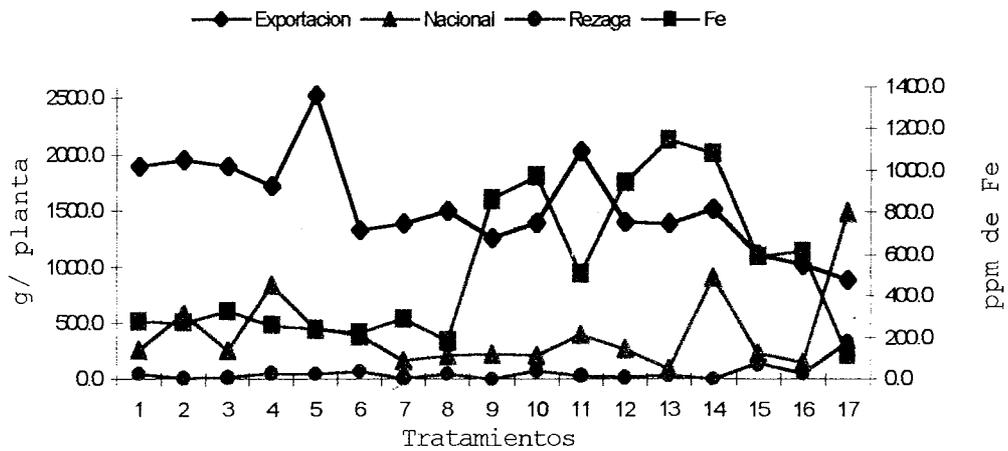


Figura 2. Distribución del contenido de Fe en hojas y rendimiento de tomate producido en arena sílica

El contenido de Fe en hojas de los tratamientos osciló entre 180 y 330 ppm en aplicaciones vía suelo y de 370 a 1700 ppm vía foliar para suelo calcáreo y arena sílica, respectivamente (Figuras 1, 2 y Cuadro 2). Los testigos presentaron los niveles más bajos (102.9 y 117.6 ppm). El contenido total de Fe absorbido por la planta permitió un desarrollo normal del cultivo en la etapa fenológica (excepto los testigos), encontrándose dentro de los rangos reportados por Wilcox (1993) quien menciona que la concentración de Fe acumulado en las hojas es suficiente cuando es mayor de 100 ppm durante la etapa de mayor demanda (formación del fruto) y Burgueño (1994), también reporta valores óptimos de la concentración de Fe en tomate de 140 ppm en la etapa de formación de fruto.

En este trabajo el Fe afectó la producción de fruta de buena calidad para mercado de exportación, lo que posiblemente se atribuye a lo mencionado por Jones *et al.* (1991), quien señala que el Fe total en materia seca no se relaciona con suficiencia, ya que la mayoría se encuentra en la planta en forma férrica (Fe^{3+}) como fosfoproteína férrica y el ion ferroso (Fe^{2+}) es la forma metabólicamente activa.

CONCLUSIONES

El fulvato de Fe, cuando se aplicó solo, presentó un comportamiento similar a los quelatos comerciales en el control de la clorosis férrica. Sin embargo, las combinaciones de 0.15 g de ácido húmico + 3.5 cc L⁻¹ de fulvato de Fe aplicado vía suelo o la aplicación vía foliar de 5 cc L⁻¹ de fulvato de Fe, incrementan significativamente la producción de fruta con calidad de exportación en suelo calcáreo y arena sílica, superando a los quelatos comerciales.

LITERATURA CITADA

- André, L. 1988. Los Microelementos en la Agricultura. Alonso Domínguez. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Browen, J.E. y B.A. Kratky. 1983. Microelementos. Causas de deficiencia y toxicidad. Agricultura de las Américas. 32(6): 6-11.
- Brown, J.C. and V.D. Jolley. 1989. Plant metabolic responses to iron-deficiency stress. BioSci. 39: 546-551.
- Burgueño, L.C. 1994. La fertigación en cultivos hortícolas con acolchado plástico. Culiacán, Sinaloa. México p 46.

- Cadahia, L.C., A. E. Eymar, y M.J. Lucena. 1997. Materiales fertilizantes utilizados en fertirrigación. In: Fertirrigación Cultivos Hortícolas y Ornamentales. Ed. Cadahia, L.C. Ediciones Mundi-Prensa. España-México. pp. 118-121.
- Childers, N.F. 1974. The Peach. Culture Marketing and Pest Control. Ed. New Brunswick, New Jersey. p. 377.
- Claridades Agropecuarias. 1998. El jitomate, la hortaliza de excelencia en exportación. Publicación mensual agosto, 1998. pp. 4-21.
- De kock, P.C. 1955. Influence of Humic Acid on Plant Growth. Soil Sci. P. 121.
- Emery, T. 1982. Iron metabolism in human and plants. Amer. Sci 70: 626-632
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema climático de Köppen, adaptado a la República Mexicana, Instituto de Física, U.N.A.M. México. p. 88.
- Infante, G.S. y G.P. Zárate de Lara. 1990. Métodos estadísticos. Un enfoque interdisciplinario, 2ª ed. Ed. Trillas. México. pp 417-418.
- Jones, Jr. J.B., B. Wolf and H.A. Mills. 1991. Plant Analysis Handbook. Methods of Plant Analysis and Interpretation. Micro-Macro, Pub. Inc. U.S.A. p. 187.

- Norvell A. W. 1983. Equilibrio de los Quelatos Metálicos en Micronutrientes en la Agricultura. A G T. México.
- Rodríguez S. F. 1982. Fertilizantes. Nutrición Vegetal. AGT Editor México. p. 126
- Schnitzer A. 1991. Soil organic matter - the next 75 years. Soil Sci. 151 (1): 41-58.
- Sequi, P. 1978. Humic Substances: General Influences on Soil Fertility. Golden West, Chemical Distributors, Inc. Merced, California. pp. 1-10.
- Wilcox, G.E. 1993. Nutrient Deficiencies and Toxicities in Crop Plants. **In:** Tomato. Edit. By Bennett, W. F. The Amer. Phyt. Soc. Ap Press. St. Paul Minnesota, U.S.A. pp. 137-141.
- Yúfera E. Y Carrasco J. M. D. 1973. Química Agrícola, Suelos y Fertilizantes. Editorial Alhambra, México.
- Zuang, H. 1982. La fertilisation des cultures légumières. Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes. Francia.

CONCLUSIONES

El fulvato de Fe, cuando se aplicó solo, presentó un comportamiento similar a los quelatos comerciales en el control de la clorosis férrica. Sin embargo, las combinaciones de 0.15 g de ácido húmico + 3.5 cc L⁻¹ de fulvato de Fe aplicado vía suelo o la aplicación vía foliar de 5 cc L⁻¹ de fulvato de Fe, incrementan significativamente la producción de fruta con calidad de exportación en suelo calcáreo y arena sílica, superando a los quelatos comerciales.

LITERATURA CITADA

- André, L. 1988. Los Microelementos en la Agricultura. Trad. Alonso Domínguez. Ed. Mundi-Prensa. Madrid, España.
- Browen, J.E. y B.A. Kratky. 1983. Microelementos. Causas de deficiencia y toxicidad. Agricultura de las Américas. 32(6): 6-11.
- Brown, J.C. and V.D. Jolley. 1989. Plant metabolic responses to iron-deficiency stress. BioSci. 39: 546-551.
- Burgueño, L.C. 1994. La fertirrigación en cultivos hortícolas con acolchado plástico. Culiacán, Sinaloa. México p. 46.
- Cadahia, L.C., A.E. Eymar y M.J. Lucena, 1998. Materiales fertilizantes utilizados en fertirrigación. **In:** Fertirrigación Cultivos Hortícolas y Ornamentales. Ed. Cadahia, L.C. Ediciones Mundi-Prensa. España-México. pp. 118-121.
- Childers, N.F. 1974. The Peach. Culture Marketing and Pest Control. Ed. New Brunswick, New Jersey. p. 377.
- Claridades Agropecuarias, 1998. El jitomate, la hortaliza de excelencia en exportación. Publicación mensual agosto, 1998. pp. 4-21
- De kock, P.C. 1955. Influence of humic acid on plant growth. Soil Sci. P. 121.
- Emery, T. 1982. Iron metabolism in human and plants. Amer. Sci. 70: 626-632.
- García, E. 1973. Modificaciones al sistema climático de Köppen, adaptado a la República Mexicana, Instituto de Física, U.N.A.M. México. p. 88.

- García, E. 1973. Modificaciones al sistema climático d Köppen, adaptado a la República Mexicana, Institut de Física, U.N.A.M. México. p. 88.
- Infante, G.S. y G.P. Zárate de Lara. 1990. Método estadísticos. Un enfoque interdisciplinario, 2^a ed Ed. Trillas. México. pp. 417-418.
- Jones, Jr. J.B., B. Wolf and H.A. Mills. 1991. Plan Analysis Handbook. Methods of Plant Analysis an Interpretation. Micro-Macro, Pub. Inc. U.S.A. p 187.
- Kingman, A. R. 1973. A Review of humus and humic acids Clemson University, Dept. of horticulture, Researc series No. 145. March.
- Kanonova, M. M. 1981. Materia orgánica del suelo. S naturaleza propiedades y métodos de investigación España.
- Marschner H. Y V. Romheld. 1994. Strategies of acquisitio of iron. Plant and Soil 165: 261-274.
- Mexicano M. J. Tesis de Maestría en Horticultura UAAAN Efecto de fuentes de nitrógeno y fierro en e desarrollo del tomate en hidroponía. Buenavista Saltillo, Coahuila, México
- Norvell A. W. 1983. Equilibrio de los Quelatos Metálicos e Micronutrientes en la Agricultura. A G T. México.
- Ordoñez C. G. 1994. Efectos del ácido húmico y sulfato d fierro en el tomate (*Lycopersicom esculentum*, Mill Tesis de licenciatura UAAAN, Buenavista, Saltillo Coahuila, México.
- Reyes, L. A. 1993. Humic acid effect on the stomat conductance and leaf abscission on apple cv. Golde delicious. Acta Horticulturae. ISHS: 329:253.
- _____ 1997. Estudio preliminar de la asociación de ácido húmicos y sulfato de fierro en aspersione foliares. La investigación Edafológica en México p. 155.

- Rodríguez S. F. 1982. Fertilizantes. Nutrición Vegetal. AG Editor México. p 126
- Schnitzer. 1991. Soil organic matter - the next 75 years Soil Sci. 151 (1): 41-58.
- Sequi, P. 1978. Humic Substances: General Influences on Soil Fertility. Golden West, Chemical Distributors Inc. Merced, California. pp. 1-10.
- Smith, F.W. 1986. Plant Analysis an Interpretation Manual. Eds: D.J. Reuter and J.B. Robinsosn. Inkata Pres Melbourne and Sydney. Australia
- Tovar S., J. L. Y Quintero L. R.. 1991. Correlación de la clorosis férrica por la aplicación de fierro, azufre y el molibdeno y su influencia sobre el rendimiento de maíz en suelos calcáreos del DDR - Mixquiahuala. Memorias del XXIV Congreso Nacional de la Sociedad Mexicana de la Ciencia del Suelo Pachuca, Hidalgo, México.
- Wilcox, G.E. 1993. Nutrient deficiencies and toxicities in crop plants. In: Edit. By Bennett, W. F. The Amer Phyt. Soc. Ap Press. St. Paul Minnesota, U.S.A. pp 137-141.
- Yúfera E. P. y Carrasco J. M. D. 1973. Química Agrícola, Suelos y Fertilizantes, Ed. Alhambra, México.
- Zuang, H. 1982. La fertilisation des cultures légumières. Centre Technique Interprofessionnel des Fruits et Légumes. Francia.

APENDICE

Cuadro A. 1 Medias obtenidas de los tratamientos en suelo calcáreo

Trat.	ETAPA								
	Floración			Cosecha			Fin de cosecha		
	D. Tallo (cm)NS	Altura (cm)**	Fe (ppm)	D. Tallo (cm)NS	Altura (cm)**	Fe (ppm)	D. Tallo (cm)NS	Altura (cm)**	Fe (ppm)
1	0.8 at	32.5 a	125.1	1.1 a	57.5 ab	228.4	1.3 a	103.5 ab	312.9
2	0.7 a	24.0 ab	171.4	1.2 a	54.8 ab	470.2	1.3 a	77.2 c	194.4
3	0.6 a	23.5 ab	168.3	1.1 a	64.3 ab	183.2	1.2 a	98.5 abc	144.7
4	0.6 a	31.5 a	124.2	1.1 a	57.5 ab	245.5	1.2 a	100.0 ab	200.6
5	0.7 a	29.2 a	151.0	1.1 a	51.7 ab	167.7	1.3 a	99.7 ab	161.4
6	0.6 a	24.8 ab	196.6	1.1 a	64.7 a	205.9	1.3 a	101.0 ab	188.9
7	0.7 a	29.2 a	157.7	1.1 a	52.2 ab	243.5	1.2 a	85.7 bc	170.9
8	0.7 a	24.0 ab	192.6	1.2 a	60.0 ab	298.3	1.3 a	95.8 abc	154.6
9	0.7 a	26.5 ab	701.9	1.1 a	55.2 ab	699.6	1.2 a	108.3 a	142.9
10	0.7 a	28.5 ab	1079.8	1.1 a	50.3 b	414.1	1.3 a	100.5 ab	122.9
11	0.7 a	28.3 ab	1366.8	1.1 a	50.7 ab	464.2	1.2 a	96.5 abc	222.9
12	0.7 a	18.6 ab	726.8	1.3 a	56.0 ab	1010.5	1.3 a	100.7 ab	148.9
13	0.8 a	27.7 ab	1031.8	1.1 a	60.7 ab	536.4	1.3 a	97.2 abc	143.4
14	0.7 a	29.5 a	1553.4	1.0 a	51.2 ab	1695.3	1.2 a	100.2 ab	148.6
15	0.8 a	24.8 ab	412.8	1.3 a	59.8 ab	370.5	1.4 a	99.2 abc	234.5
16	0.8 a	28.8 a	280.3	1.0 a	50.8 ab	591.2	1.3 a	95.7 abc	193.2
17	0.8 a	31.3 b	97.9	1.1 a	55.2 ab	102.9	1.2 a	95.0 abc	79.1

** = $p \leq 0.01$

NS = No significativa

† Letras distintas son diferentes estadísticamente según Tukey ($p \leq 0.01$).

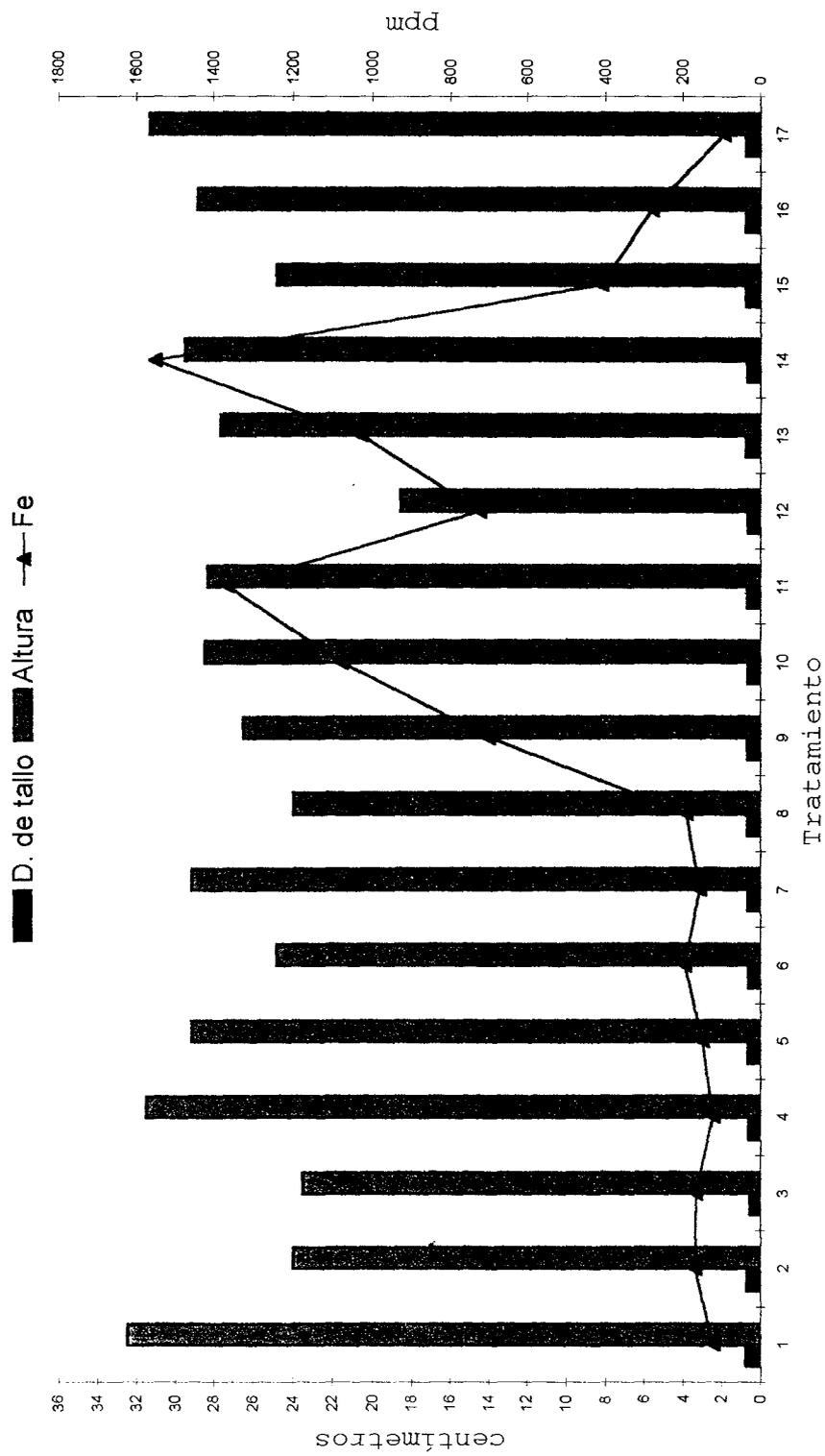


Figura A.1 Diámetro de tallo, altura de planta y contenido de Fe en plantas de Tomate al momento de la floración (40 DDT) en suelo calcáreo

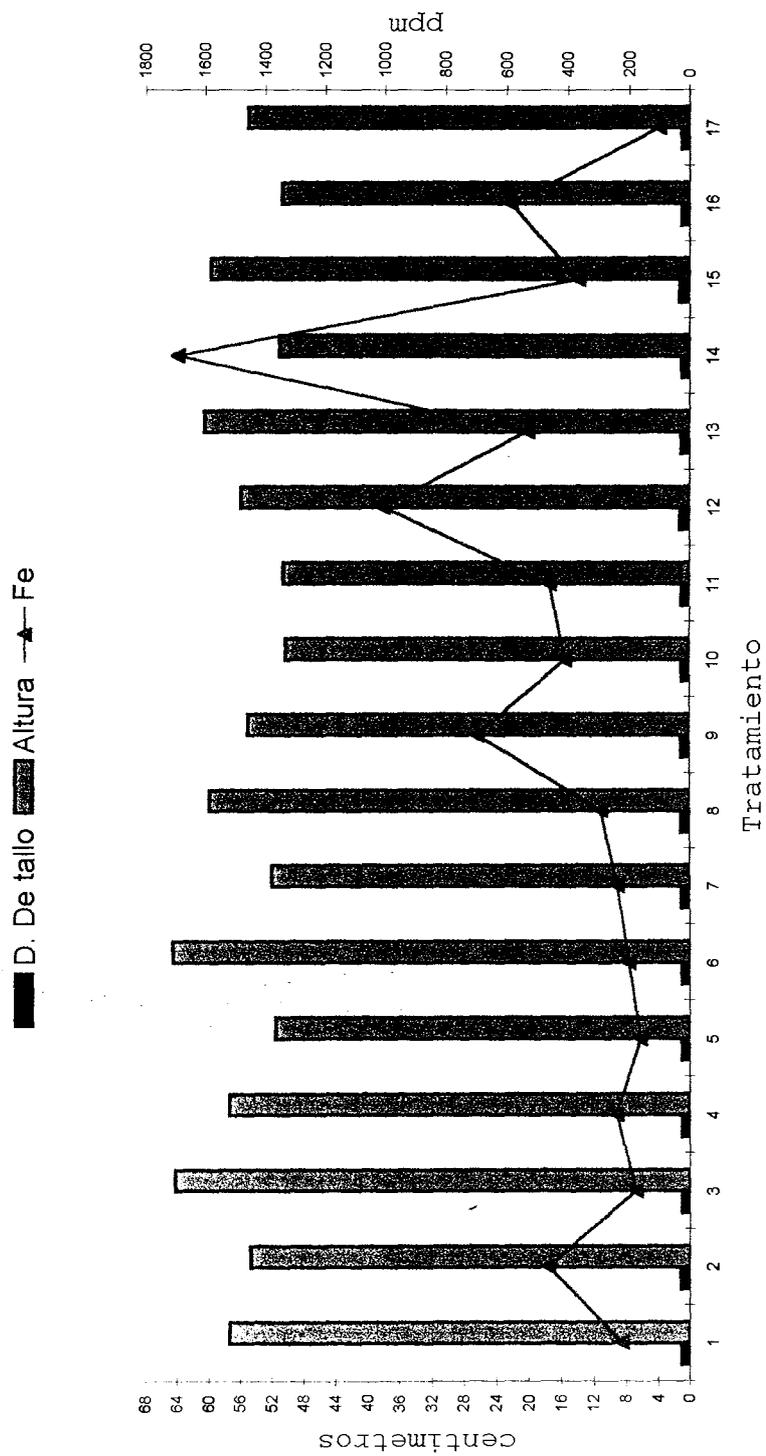


Figura A.2 Diámetro de tallo, altura de planta y contenido de Fe en plantas de Tomate al momento de la cosecha (95 DDT) en suelo calcáreo

■ D. De tallo ■ Altura ▲ - - - Fe

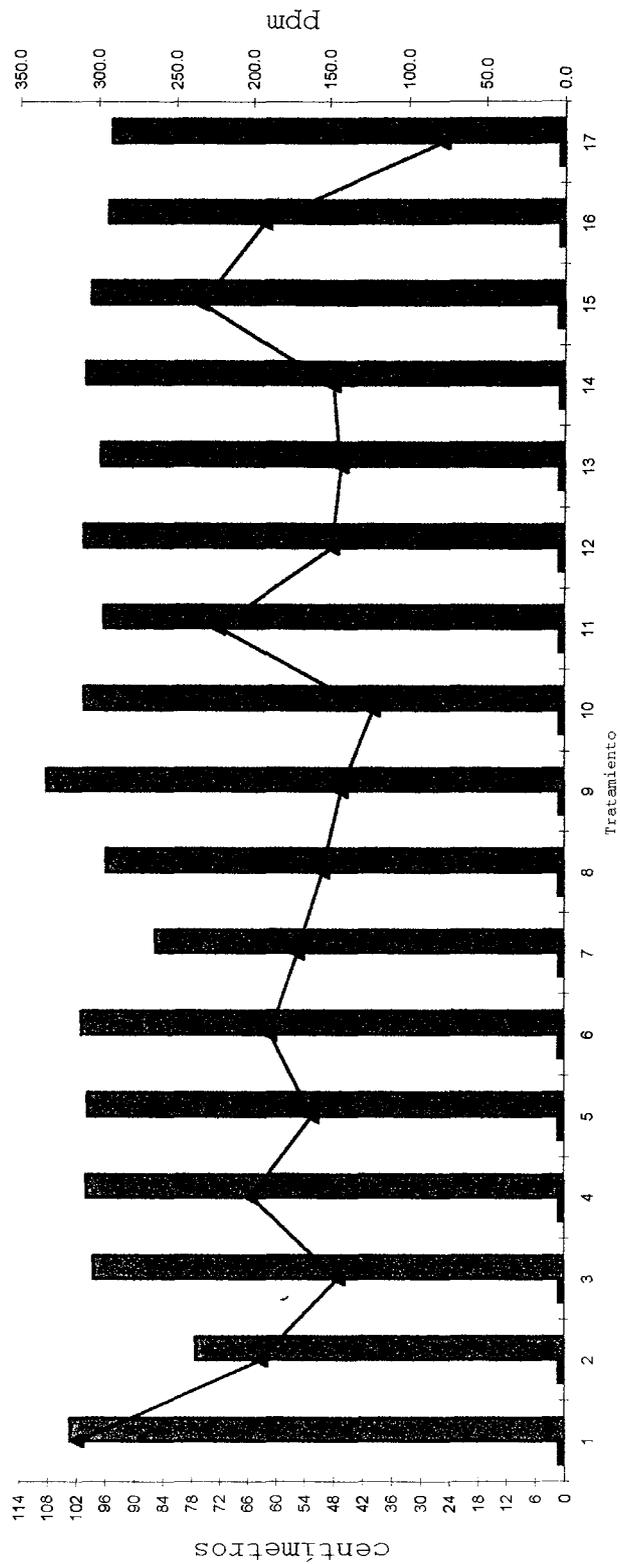


Figura A.3 Diámetro de tallo, altura de planta y contenido de Fe en plantas de Tomate al final de la cosecha (172 DDT) en suelo calcáreo

Cuadro A. 2 Medias obtenidas de los tratamientos en arena sílica.

Trat.	Floración				Cosecha				Fin de cosecha			
	D. Tallo (cm)**	Altura (cm)**	Fe (ppm)	D. Tallo (cm)NS	Altura (cm)**	Fe (ppm)	D. Tallo (cm)NS	Altura (cm)**	Fe (ppm)	D. Tallo (cm)NS	Altura (cm)**	Fe (ppm)
1	1.0 ab†	41.3 ab	210.2	1.2 a	89.5 a	278.1	1.3 a	116.5 ab	179.5			
2	1.0 ab	40.3 ab	172.6	1.2 a	78.3 ab	272.7	1.3 a	105.3 abcd	212.6			
3	0.9 ab	40.7 ab	193.8	1.2 a	73.3 ab	327.7	1.3 a	100.3 abcd	126.9			
4	1.0 ab	46.2 a	157.8	1.2 a	85.3 ab	260.6	1.3 a	112.3 abc	190.6			
5	1.0 ab	38.3 ab	184.2	1.1 a	68.7 ab	242.2	1.3 a	95.7 cd	139.1			
6	1.1 a	39.5 ab	202.9	1.2 a	69.3 ab	222.0	1.4 a	96.3 bcd	134.8			
7	0.9 ab	35.3 b	273.5	1.1 a	71.3 ab	292.1	1.3 a	98.3 abcd	222.8			
8	0.8 ab	43.3 ab	238.3	1.0 a	68.5 ab	184.4	1.3 a	95.5 cd	135.7			
9	0.9 ab	36.8 b	682.5	1.0 a	65.2 b	865.3	1.2 a	95.3 cd	627.6			
10	1.0 ab	38.5 ab	927.4	1.2 a	75.7 ab	974.8	1.3 a	102.7 abcd	297.1			
11	0.9 ab	40.5 ab	973.8	1.1 a	79.2 ab	685.1	1.3 a	106.2 abcd	208.5			
12	0.8 b	40.8 ab	795.7	1.0 a	88.3 a	946.3	1.3 a	115.3 abc	251.7			
13	0.9 b	37.8 ab	856.0	1.0 a	70.0 ab	1150.1	1.3 a	97.0 bcd	541.8			
14	0.9 ab	43.5 ab	1023.8	1.1 a	90.5 a	1084.8	1.3 a	117.5 a	109.6			
15	0.9 ab	36.5 b	450.2	1.0 a	65.2 b	589.5	1.2 a	96.7 bcd	628.2			
16	0.9 ab	38.7 ab	532.9	1.0 a	63.8 b	614.1	1.2 a	91.5 d†	193.5			
17	0.8 b	38.7 ab	105.6	1.2 a	71.7 ab	117.6	1.3 a	88.8 d	94.2			

** = $p \leq 0.01$

NS = No significativa

† Letras distintas son diferentes estadísticamente según Tukey ($p \leq 0.01$).

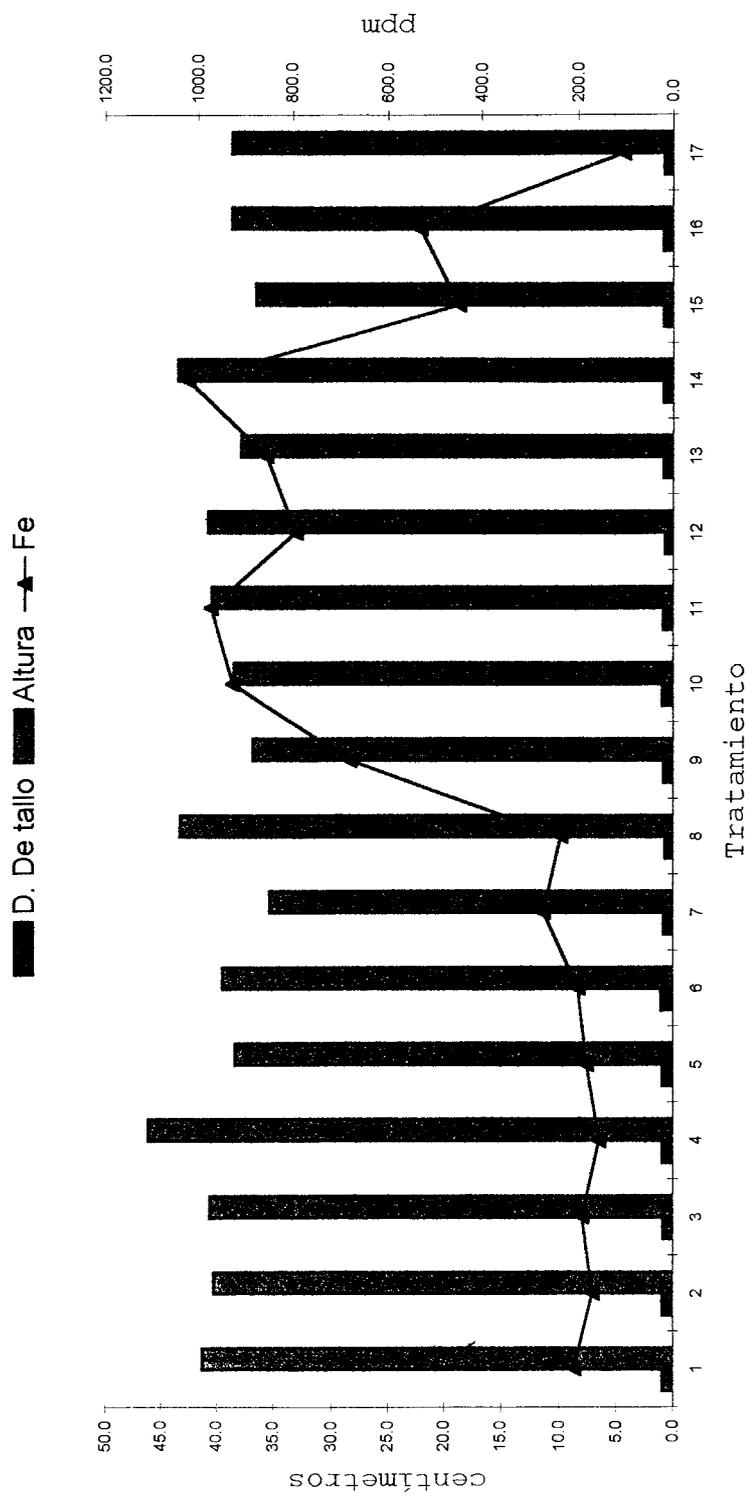


Figura A.4 Diámetro de tallo, altura de planta y contenido de Fe en plantas de Tomate al momento de la floración (26 DDT) en arena sílica

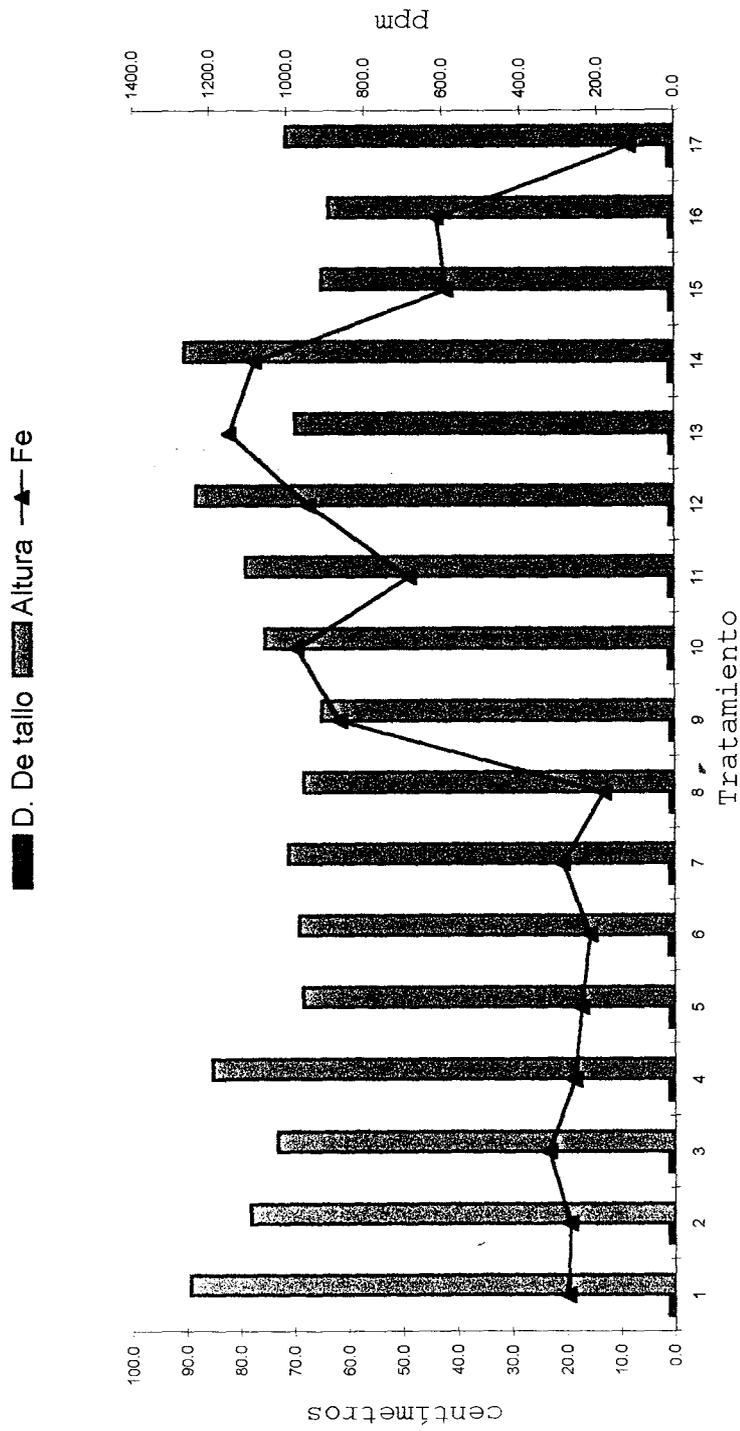


Figura A.5 Diámetro de tallo, altura de planta y contenido de Fe en plantas de Tomate al momento de la cosecha (65 DDT) en arena sílica

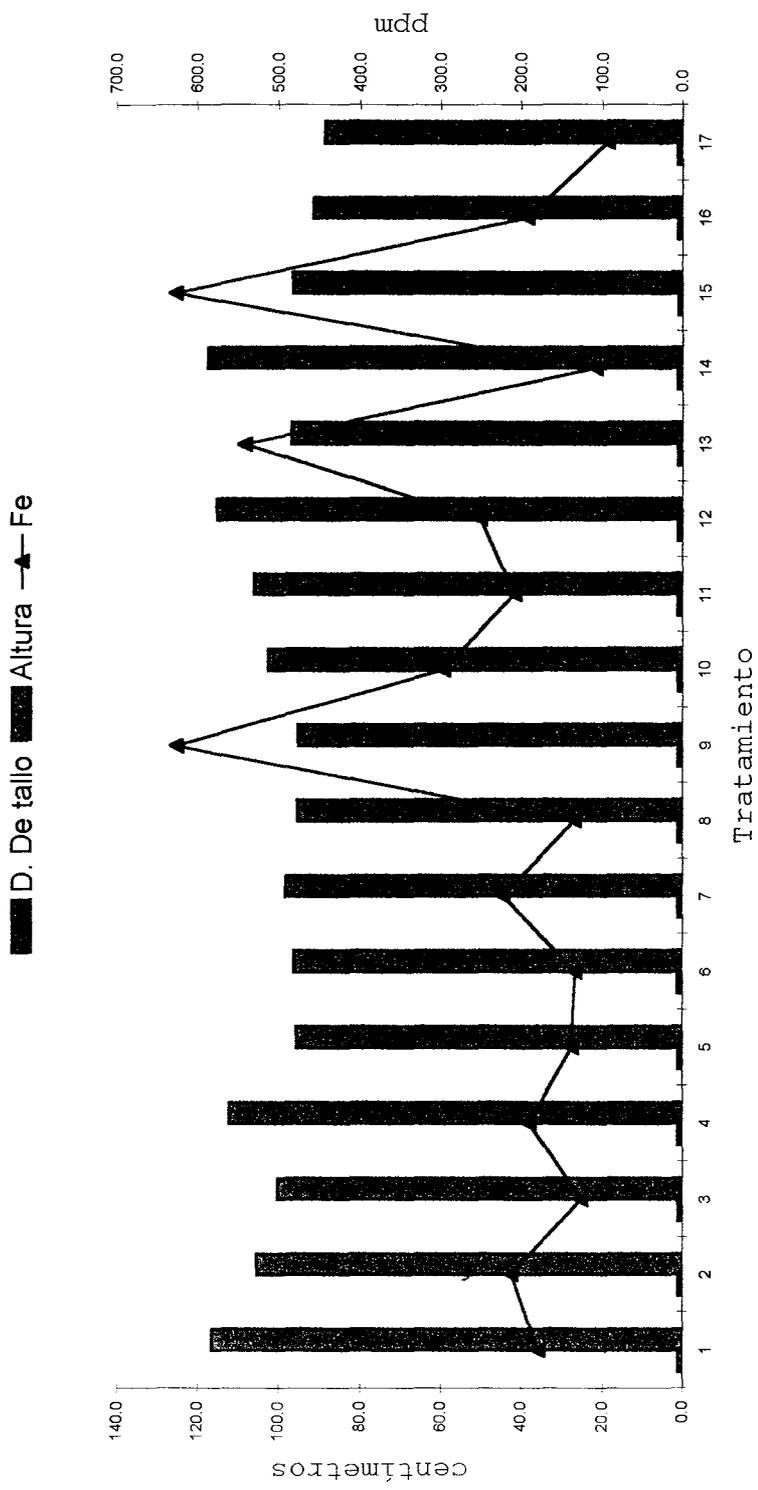


Figura A. 6 Diámetro de tallo, altura de planta y contenido de Fe en plantas de Tomate al final de la cosecha (128 DDT) en arena sílica

BANCO DE TES

U.A.A Δ N